

# Zyto- und chemotaxonomische Studien an *Lysimachia nemorum* L. und *Lysimachia* *azorica* Hornem. ex Hooker

von

G. R. HEUBL und R. VOGT

## Summary

The cytological and phytochemical ( TLC, HPLC ) studies indicate that *Lysimachia azorica* HORNEM. ex HOOKER is a distinct species, being endemic to the Azorean Islands. Besides there are several morphological characters that emphasize the individuality of this taxon. Therefore *L. azorica* can not be regarded as a variety or an ecotype of *L. nemorum* L., an opinion, shared by various authors before. Concerning the karyology, the investigations give evidence that *Lysimachia azorica* is probably of autopolyploid origin, having a chromosome number of  $2n=32$  and being derived from the diploid *L. nemorum*. Beyond that it is obvious that the variation of previous chromosome counts in *L. nemorum* is caused by 1 or 2 B-chromosomes.

## Einleitung

*Lysimachia nemorum* L. bildet zusammen mit der westägäisch -kretisch verbreiteten *L. serpyllifolia* SCHREBER und der in Nordafrika endemischen *L. cousiniana* COSS. et DUR. die Subsektion *Godinella* LESTIB. fil. em. HAND. - MAZZ. der ostasiatisch, süd- und mitteleuropäisch zentrierten Sektion *Lerouxia* ( MERAT ) ENDL. Aufgrund der Arealgliederung ( Abb. 4.) sowie der ausgeprägten Merkmalsdifferenzierung ergaben sich, mit einer Ausnahme, bisher kaum Schwierigkeiten hinsichtlich einer klaren systematischen Gliederung dieser Verwandtschaftsgruppe. Die einzige Problematik, die bis heute immer wieder sehr kontrovers diskutiert wurde, ist der Status einer auf den Azoren vorkommenden Sippe, die in ihren Merkmalen große Ähnlichkeit mit *Lysimachia nemorum* L. aufweist. Als HORNEMANN zum ersten Mal auf diese Sippe aufmerksam wurde, betrach-

tete er sie zunächst als Varietät var. *obtusifolia* von *Lysimachia nemorum*, änderte aber später offensichtlich seine Meinung und verschickte Samenmaterial dieser Sippe unter dem Namen *Lysimachia azorica*.

HOOKER (1833), der auf diesem Wege in den Besitz von *L. azorica* kam, lieferte dann erstmals eine ausführliche Beschreibung sowie eine detaillierte Abbildung dieser Art. Allerdings wird durch die Bemerkung des Autors "it will be difficult to point out any distinguishing characters" bereits der Artrang dieser Sippe in Frage gestellt und der Status als Varietät für adäquat angesehen.

HOCHSTETTER vergab in Unkenntnis der bereits von HORNEMANN entdeckten Azoren-Sippe abermals den Namen *Lysimachia azorica*. Kurze Zeit danach bemerkte STEUDEL (1841) jedoch, daß es sich hierbei um ein späteres Homonym handelt und entschloß sich diese Art *Lysimachia hochstetteri* STEUDEL zu nennen. DROUET (1866) führt in seiner "Flore des Isles Açores" *Lysimachia azorica* HORNEM. und *L. nemorum* L. als eigenständige Arten auf, bemerkt aber, daß sich die Arten nur geringfügig unterscheiden.

WATSON (1870 in GODMAN) und auch TRELEASE (1897) behielten ebenfalls den Artrang bei, wobei ersterer feststellte "after twenty years culture of it in England, I hold it specifically and permanently distinct from British and European *nemorum*" und hinzufügt "true *nemorum* is not found in the Islands".

Im Gegensatz dazu hat *L. azorica* bereits bei SEUBERT (1844) als Art keine Anerkennung mehr gefunden. In seiner "Flora azorica" führt er *L. azorica* nur noch als Synonym zu *L. nemorum* L. auf und weist darauf hin, daß für diese Sippe nicht einmal der Rang einer Varietät angemessen wäre. Dieser Auffassung schlossen sich in der Folgezeit sowohl PAX und KNUTH (1905) als auch HEGI (1927) an, die *L. azorica* lediglich als Ökotypen von *L. nemorum* betrachteten.

PALHINHA (1956), der sich eingehender mit der Problematik um *L. azorica* beschäftigte, verglich Pflanzen von der Azoren-Insel Terceira mit cantabrischem Material und kam zu dem Schluß die Azoren-Sippe als Unterart *L. nemorum* L. subsp. *azorica* (HORNEM. ex HOOKER) PALHINHA zu klassifizieren.

Dieser Rang als Subspecies wurde aber in neuerer Zeit von FERGUSON (1972), dem Bearbeiter der Gattung *Lysimachia* in Flora Europaea, in Zweifel gezogen, wobei der Autor anmerkt "the taxon does not warrant more than varietal status". In Kenntnis dieser konträren Standpunkte, war es ein wichtiges Anliegen, im Rahmen einer Azoren-Exkursion (VOGT 1988), Lebendmaterial dieser kritischen *Lysimachia*-Sippe zu beschaffen. Damit war erstmals die Möglichkeit gegeben, karyologische und phytochemische Untersuchungen an Lebendmaterial durchzuführen und einen Merkmalsvergleich zwischen den Azoren-Pflanzen und mitteleuropäischen *L. nemorum*-Populationen anzustellen.

Anhand der daraus gewonnenen Erkenntnisse sollte der Status dieser Sippe erneut zur Diskussion gestellt werden.

## Methoden

Die karyologischen Analysen wurden ausschließlich an Zellen des Wurzelspitzenmeristems durchgeführt. Dazu wurden ca. 1cm lange Wurzelspitzen 2-3 Stunden in gekühlter wässriger Lösung von 0,002 mol Hydroxychinolin vorbehandelt, anschließend 15 Minuten in 1n Salzsäure bei 60 ° im Thermostaten hydrolysiert, mit Orcein-Eisessig unter leichtem Erwärmen gefärbt und in üblicher Weise zu Quetschpräparaten verarbeitet. Die Bezeichnung der Chromosomen, im Hinblick auf die Position des Centromers, wurde in Anlehnung an die von LEVAN et al. ( 1964 ) vorgeschlagene Typisierung vorgenommen.

Die phytochemischen Analysen wurden nur an lebendem Pflanzenmaterial durchgeführt. Für die Extraktbereitung wurden jeweils 500 mg Laubblätter abgenommen und bei Raumtemperatur in 70%igem Methanol extrahiert. Die Extrakte wurden filtriert, anschließend zentrifugiert und zur Abtrennung der Chlorophylle mehrmals mit Chloroform ausgeschüttelt. Die Chloroformphase wurde abgetrennt und verworfen, die wässrige MeOH-Phase eingeeengt und für die DC- und HPLC -Analysen aufbewahrt. Weitere Angaben zur Methodik ( DC, HPLC ) siehe HEUBL & VOGT (1985 ).

## Morphologie

Bei oberflächlicher Betrachtung zeigen *Lysimachia nemorum* und *L. azorica* eine ähnliche Merkmalsdifferenzierung, ein Umstand , der letztlich dazu führte, daß verschiedene Autoren in der Azoren -Sippe nur eine Varietät oder einen Ökotyp der weitverbreiteten *L. nemorum* sahen. Die von uns durchgeführten vergleichenden Merkmals -Analysen lassen aber erkennen, daß eine Reihe quantitativer und qualitativer Unterschiede bestehen. Schon habituell lassen sich an beiden Sippen ( vor allem in Kultur ) wichtige Unterschiede was Wuchsform, Beblätterung und die Ausbildung sproßbürtiger Wurzeln anbelangt, feststellen. Während die Azoren-Pflanzen mehr durch eine aufsteigende bis aufrechte Wuchsform, eine sehr dichte Beblätterung und durch das Fehlen von sproßbürtigen Wurzeln charakterisiert sind, besitzt *L. nemorum* einen meist niederliegenden , locker beblätterten Sproß, der an den Knoten regelmäßig bewurzelt ist ( Abb. 1.). Auch in Bezug auf die Größe und Form der Blätter, die Gestalt der Epidermiszellen auf der Blattunterseite und die Länge der Stomata sind Unterschiede vorhanden. Gleiches gilt für den generativen Bereich wo grundlegende Unterschiede in der Form und Größe der Kelch- und Kronblätter sowie im Verhältnis von Blütenstiel zu Tragblatt bestehen. An den reifen Früchten ist vor allem die Stellung der Kelchblätter von Bedeutung, die bei *L. azorica* nach unten zurückgeschlagen werden, bei *L. nemorum* dagegen nur seitlich abstehen. Auch hinsichtlich der Samenoberflächenstrukturen sind die Unterschiede vor allem in der Größe der Epidermis papillen besonders markant ( Abb. 3.).

Die für die Unterscheidung der Arten relevanten Merkmale sind in Abb. 2 zusammenfassend dargestellt.

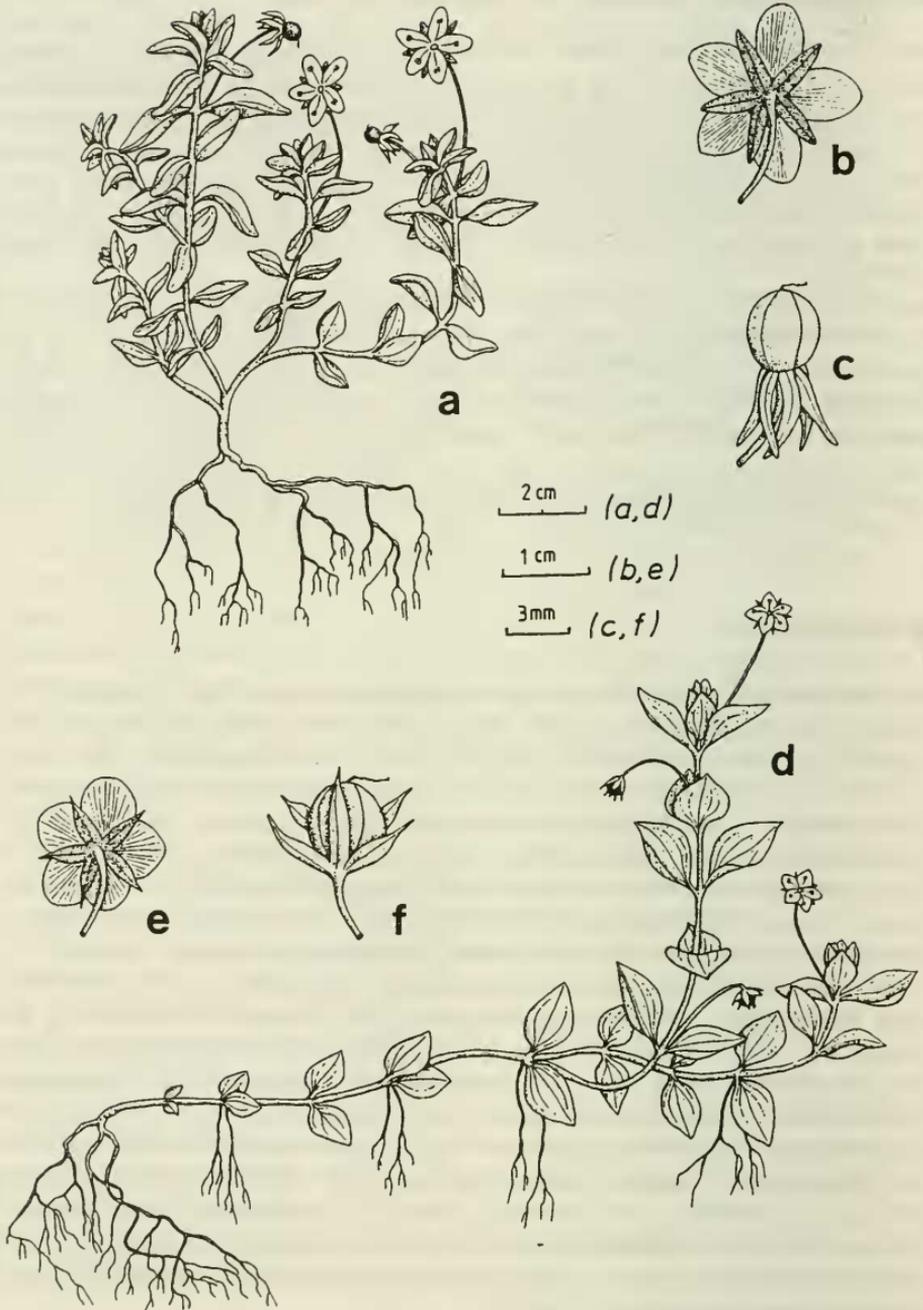


Abb. 1. *Lysimachia azorica* : Habitus (a); Blüte (b); Kapsel (c). *Lysimachia nemorum* Habitus (d); Blüte (e); Kapsel (f).

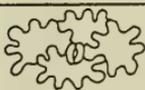
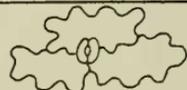
		<i>Lysimachia nemorum</i>	<i>Lysimachia azorica</i>
<b>Wuchsform</b>		niederliegend - aufsteigend 	± aufrecht 
<b>Sproßbürtige Wurzeln</b>		vorhanden	fehlend
<b>B L A T T</b>	Größe ( L x B )	15 - 40 mm / 10 - 22 mm	15 - 25 mm / 6 - 15 mm
	Form		
	Querschnitt		
	Epidermis ( Blattunterseite )		
Länge der Stomata		24 - 30 µm	28 - 35 µm
<b>B L Ü T E</b>	<b>Blütenstiel</b>	1 - 2 mal so lang wie Tragblatt	2 - 3 mal so lang wie Tragblatt
	Durchmesser	10 - 16 mm	14 - 20 mm
	<b>Kelchblatt</b>		
	Länge	3,2 - 4,6 mm 	4,0 - 6,1 mm 
	Rand	stumpf gezähnt	ganzrandig, drüsig
<b>Kronblatt</b>			
Länge	5,0 - 8,0 mm 	7,5 - 10,0 mm 	
<b>Kapsel</b>	Größe	 2,8 - 3,7 mm	 3,4 - 4,5 mm
<b>Samenlänge</b>		1,0 - 1,5 mm	1,3 - 1,8 mm
<b>Pollengröße</b>		17 x 22 µm	23 x 28 µm
<b>Chromosomenzahl</b>		2n = 16	2n = 32

Abb. 2. Vergleich der morphologischen, zytologischen und palynologischen Merkmale von *L. nemorum* und *L. azorica*.

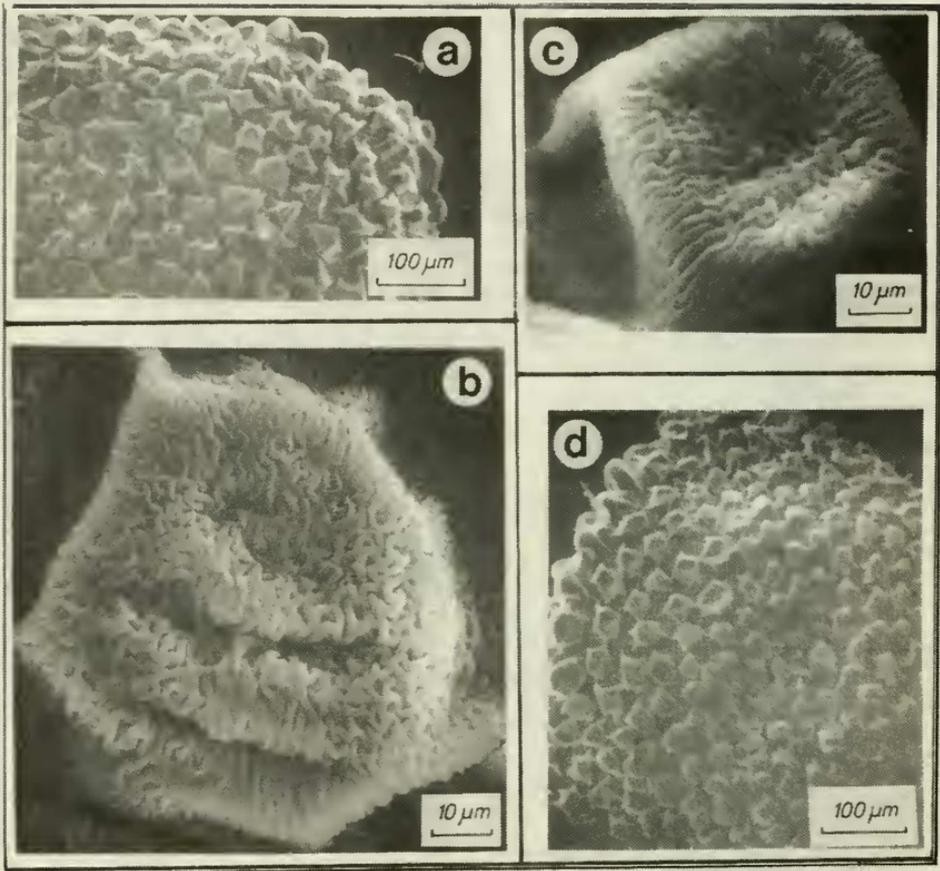


Abb. 3. REM-Vergleich der Samenoberflächen-Strukturen: *L. azorica* ( a, b );  
*L. nemorum* ( c, d ).

### Chorologie und Ökologie

*Lysimachia nemorum* zählt zu den hygro - bis mesophilen Laubwald-Sippen und ist durch eine typisch subatlantisch - zentraleuropäische Verbreitung charakterisiert. Das Areal dieser Art ( Abb. 4.) erstreckt sich von den Britischen Inseln über West-Norwegen und Süd - Schweden südwärts bis zur Iberischen Halbinsel ( Pyrenäen, Kantabrisches Gebirge ) und erreicht im Osten noch die Karpaten.

Vom Hauptareal teilweise isolierte Vorkommen finden sich in Süditalien und Sizilien, auf der Balkanhalbinsel ( Kroatien ) sowie in Zentralspanien. Die von MEUSEL et al. ( 1978 ) noch als fraglich bezeichneten Vorkommen in den zentralspanischen Gebirgen können aufgrund des Nachweises für die Sierra de Guadarrama ( Fernández Gonzales,

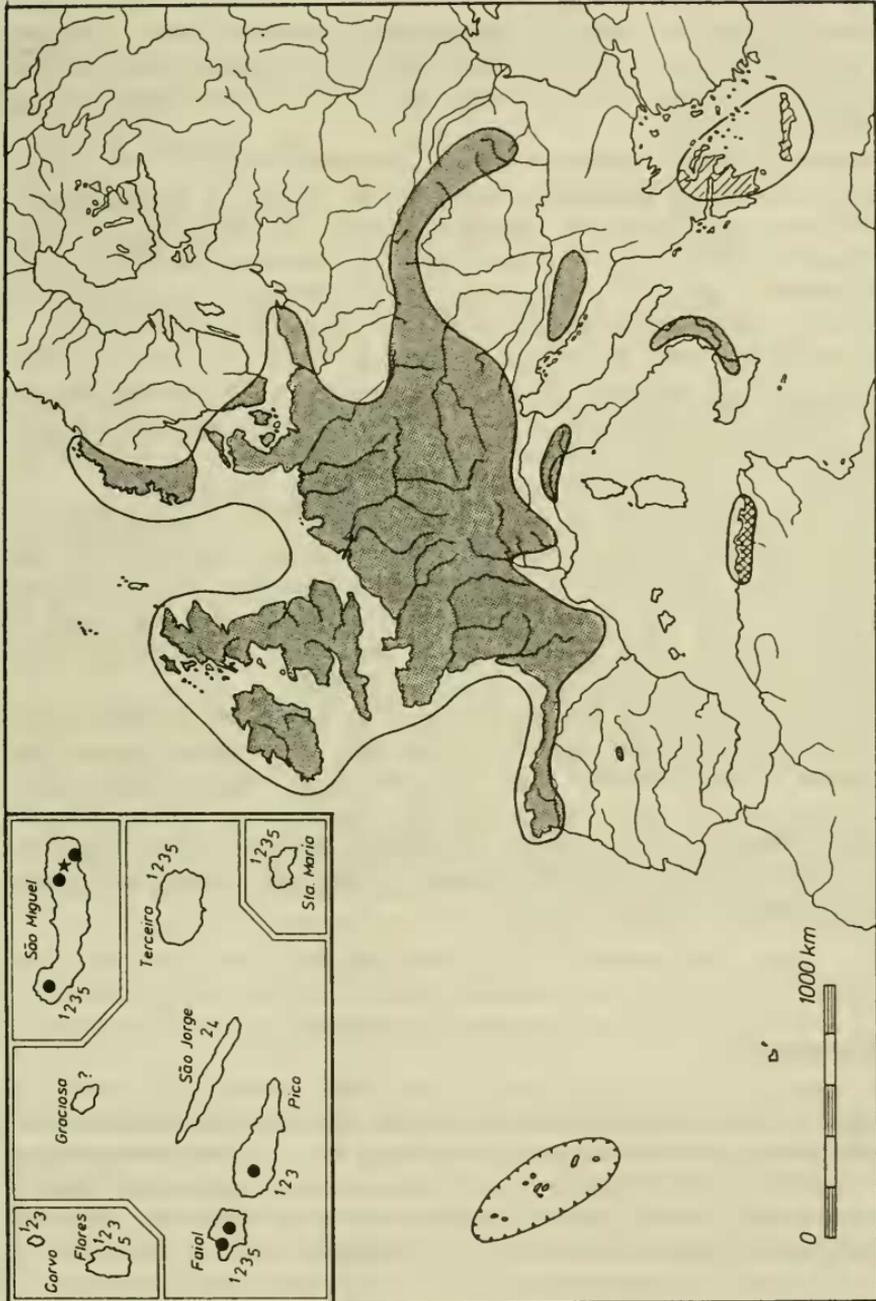


Abb. 4. Generalisierte Verbreitung von *Lysimachia nemorum* (▨), *L. azorica* (▩), *L. cousiniana* (▧) und *L. serpyllifolia* (▦). Erklärung der Kennzahlen (1-5) und Signaturen für *L. azorica* siehe Text.

1984) als gesichert gelten. Demzufolge besitzt *Lysimachia nemorum* auch auf der Iberischen Halbinsel ein inselartiges Teilvorkommen.

Als typisches Element der montanen, ozeanischen Laubwaldflora zeigt *L. nemorum* eine enge Bindung an das Areal von *Fagus sylvatica*. Ökologisch bevorzugt diese zarte Kriechsproßpflanze vor allem humusreiche, schwach saure Böden, feuchter und schattiger Standorte.

Im Gegensatz zu dem ausgedehnten Areal von *L. nemorum* beschränkt sich das Vorkommen von *Lysimachia azorica* ausschließlich auf die Azoren. Im übrigen makaronesischen Bereich, so etwa im nächstgelegenen Madeira, fehlt diese Sippe. Innerhalb des Azoren-Archipels ist die Art von allen Inseln, mit Ausnahme von Graciosa, bisher nachgewiesen (Abb. 4.). Unsicherheiten bestehen allerdings auch was die Vorkommen auf S. Jorge betrifft. SJÖGREN (1973) und auch den früheren Angaben von TRELEASE (1897) zufolge fehlt die Sippe auf dieser Insel, nach PALHINHA (1966) kommt sie dort aber vor. In die Verbreitungskarte (Abb. 4.) wurden neben den eigenen Angaben (● = Herbarbeleg; ★ = zytologisch überprüfte Aufsammlung) auch die Literatur-Hinweise verschiedener Autoren (1 = TRELEASE; 2 = PALHINHA; 3 = SJÖGREN; 4 = TUTIN & WARBURG; 5 = WATSON) einbezogen.

Hinsichtlich der Ökologie stellt die Sippe ähnliche Ansprüche an Bodenbeschaffenheit und Feuchtigkeit wie *Lysimachia nemorum*, dementsprechend konzentriert sich das Vorkommen auf den Azoren in der Hauptsache auf den Waldgürtel, der sich zwischen 400 und 900 m erstreckt. Aber auch in größeren Höhen, wie beispielsweise im Macchiengürtel auf der Insel Pico, wo *L. azorica* bis 1500 m (SJÖGREN, 1973) aufsteigt, sowie vereinzelt in Küstennähe, ist die Art zu finden.

Der ökologische Schwerpunkt liegt jedoch eindeutig im Bereich der schattigen Waldbestände, die von *Pittosporum undulatum*, *Myrica faya*, *Erica azorica*, *Laurus azorica*, *Myrsine africana*, *Viburnum tinus*, *Ilex perado* und *Juniperus brevifolia* aufgebaut werden. Dort ist diese Sippe an feuchten, wasserzügigen Stellen häufig mit *Cardamine caldeirarum*, *Hymenophyllum tunbrigense*, *Blechnum spicant*, *Huperzia selago*, *Potentilla erecta*, *Sibthorpia europaea*, *Centaurium scilloides* oder *Luzula purpureo-splendens* vergesellschaftet.

## Karyologie

Die in der Literatur für *Lysimachia nemorum* mitgeteilten Chromosomenzahlen (s. Tab.) polarisieren sich in auffälliger Weise auf  $2n = 16$  und  $2n = 18$ . Die in Flora europaea (1972) angeführte Chromosomenzahl  $2n = 28$ , die auch in den begleitenden "Chromosomenzahlen Index" (Moore, 1978) Eingang gefunden hat, ist falsch zitiert, da WULFF (1938) in der Originalliteratur eindeutig  $2n = 18$  angibt.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die bisher bekannten Chromosomen-Zählungen an *Lysimachia nemorum*.

Autor	Chromosomenzahl	Herkunft
WULFF, 1938	2n = 18	Schleswig — Holstein
GADELLA & KLIPHUIS, 1963	2n = 16	Niederlande
CZAPIK, in SKALINSKA et al. , 1964	2n = 18	Polen
KRESS, 1969	2n = 16	Bayern
GARAJOVA, in MAJOVSKY et al. , 1970	2n = 18	CSSR

Unsere eigenen karyologischen Analysen an verschiedenen *Lysimachia nemorum*-Populationen zeigten sehr bald, worin die Ursache für diesen " Chromosomenzahl - Dualismus " zu suchen ist - nämlich im Auftreten von B-Chromosomen ( s. Fototafel 1).

In dem von uns untersuchten Material fanden sich mit einer gewissen Konstanz häufig 2 B-Chromosomen, nur in wenigen Fällen fehlten diese akzessorischen Chromosomen vollständig, so daß ein Karyotyp mit 2n = 16 Chromosomen vorlag. Gerade die Instabilität in der Zahl, die geringe Größe der Chromosomen aber auch ihre strukturelle Beschaffenheit ( akrozentrischer Chromosomentyp ) sprechen für die Annahme von B-Chromosomen. Von Interesse ist in diesem Zusammenhang vor allem die weitgehende Fixierung auf 2 B-Chromosomen, was möglicherweise auf einen gerichteten Verteilungsmechanismus schließen läßt. Inwieweit eine solche Bevorzugung gerader Chromosomenzahlen, wie sie im Falle 2n = 16 + 2 B vorliegt, auch von funktioneller Bedeutung ist ( EHRENDORFER, 1960 ) bleibt vorerst unklar.

Der Karyotyp ( Abb. 5 .) von *Lysimachia nemorum* zeigt eine gute Differenzierung und ist vor allem durch 4 große metazentrische Chromosomen charakterisiert. Auch in dem von WULFF ( 1938 ) abgebildeten Chromosomensatz sind diese Marker - Chromosomen vorhanden. Zusätzlich zu diesen symmetrisch gebauten Chromosomen findet sich regelmäßig auch ein größeres submetazentrisches Chromosomenpaar. Daneben treten 4 metazentrische Chromosomen mittlerer Größe auf. Alle übrigen Chromosomen sind relativ klein und durch eine mediane bis submedianen Position des Centromers charakterisiert.

Die erstmals an *Lysimachia azorica* durchgeführte Karyotyp - Analyse erbrachte die Chromosomenzahl 2n = 32. Auch hier fanden sich im Chromosomensatz mit einer gewissen Regelmäßigkeit bis zu 4 B-Chromosomen, eine Besonderheit, die in entsprechender Weise auch schon bei *L. nemorum* beobachtet wurde. Der Karyotyp dieser Sippe ( Abb. 5 .) ist vor allem durch 8 große metazentrische Chromosomen charakterisiert, die teilweise eine gewisse Variabilität in der Größe erkennen lassen. Neben diesen isobrachialen Marker-Chromosomen sind vor allem eine größere Anzahl submetazentrischer Chromosomen im Karyotyp zu finden von denen wiederum 4 durch ihre Größe auffallen. Die übrigen meist kleineren Chromosomen des Genoms sind durch eine mediane bis submedianen Lage des Centromers charakterisiert.

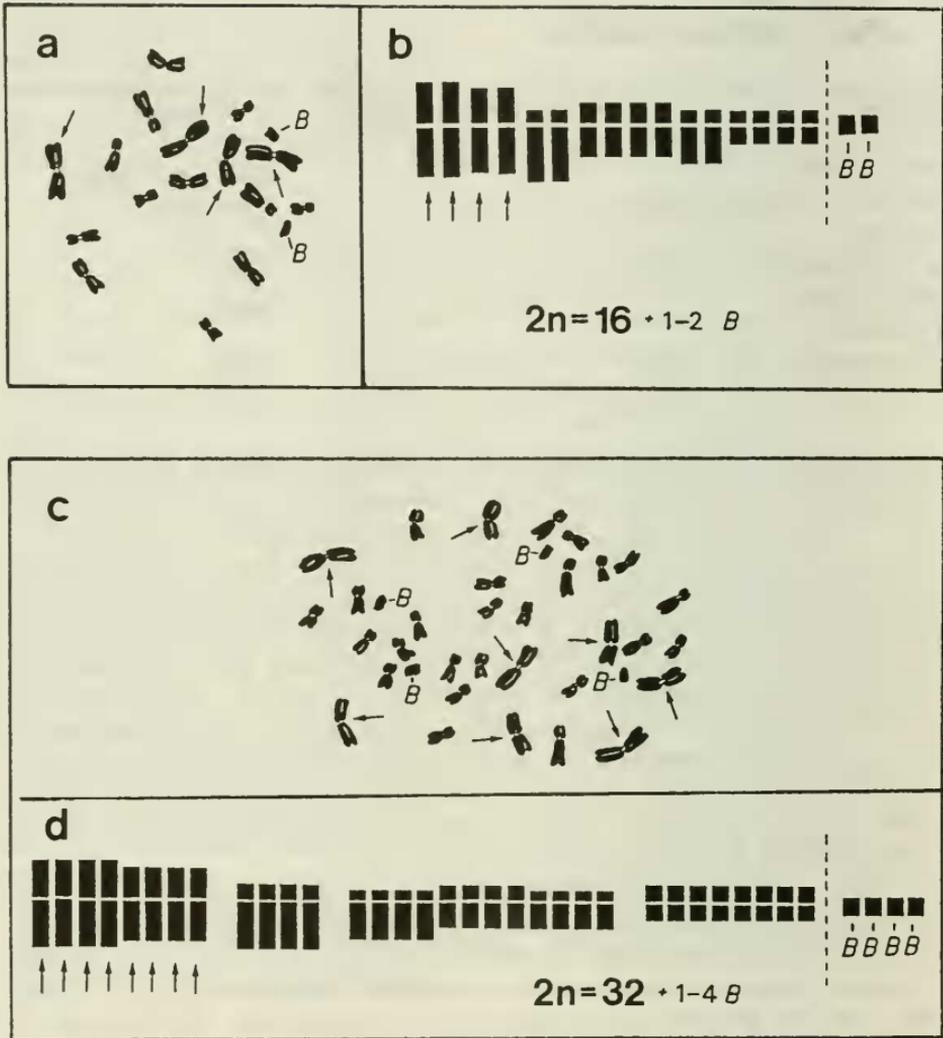


Abb. 5. *Lysimachia nemorum* : Metaphaseplatte mit  $2n=16 + 2B$  Chromosomen (a); Idiogramm des diploiden Chromosomensatzes (b). *Lysimachia azorica* : Metaphaseplatte mit  $2n=32 + 4B$  Chromosomen (c); Idiogramm des tetraploiden Chromosomensatzes (d).

### Material und Chromosomenzahlen

Chromosomenzahlbestimmungen und Karyotypanalysen sind an Pflanzen folgender Lokalitäten durchgeführt worden.

**Lysimachia nemorum L.**

Deutschland

- Bayern: Miesbach, Waakirchen-Marienstein, Tegernseer-Berge,  
 am Weg zum Rechelkopf; ca. 900 m; 11.06.1988; G. Heubl.....2n = 16 + 1-2 B  
 - : Miesbach, Warngau, Taubenberg; feuchte Wiese zwischen  
 Gotzing und Reitham; ca. 600 m; 29.5.1988; G. Heubl..... 2n = 16 + 2 B  
 - : Bad Tölz, am Weg von der Seilbahnstation zum Blomberg;  
 ca. 900 m; 11.9.1988; G. Heubl..... 2n = 16 + 2 B  
 - : Haßberge, Böhlbachtal zw. Hundelshausen und Eschenau;  
 370 m; 21.7.1988; Ch. Oberprieler ( 702 )..... 2n = 16 + 1-2 B  
 - : Bayerischer Wald, Regen, Schleicherbachtal westl. Großer  
 Falkenstein; 610 m; 29.7.1988; Ch. Oberprieler (785 ).....2n = 16 + 2 B  
 - : Miesbach, Tegernseer-Berge, Blauberge, Hohlensteinbachtal  
 zwischen Zwiesselgraben und Siebenhütten-Alm; ca. 1000 m;  
 31.7.1988; F. Hellwig ( 1131 ).....2n = 16 + 1-2 B  
 - : Miesbach, Bayrischzell, Waldrand am Unteren Sudelfeld;  
 ca. 1000 m; 19.7.1988; F. Hellwig ( 11123 ).....2n = 16 + 2 B  
 - : Garmisch-Partenkirchen, Bergwald zwischen " Bei den Hütten"  
 und dem Eingang zum Hochgrieß; ca. 1250 m; 31.8.1988;  
 F. Hellwig ( 11721 ).....2n = 16 + 1-2 B  
 - : Bad Tölz, Walchensee, Umgebung der Talstation der Herzog-  
 standbahn; ca. 850 m; 24.9.1988; F. Hellwig ( 11805 ).....2n = 16 + 2 B  
 - : Miesbach, Neuhaus, Dürrnbachwald, Ankelgraben;  
 ca. 1000 m; 3.7.1988; F. Hellwig ( 11076 ).....2n = 16 + 1-2 B  
 - : Miesbach, Rotwand, Wegböschung ca. 1,5 km SO vom  
 Spitzingsee; ca. 1100 m; 11.7.1988; R. Vogt ( 6901 ) .... 2n = 16 + 2 B  
 - : Berchtesgadener-Land, Hochstaufen, Bergwald oberhalb  
 der Padinger-Alm; ca. 700 m; 3.7.1988; R. Vogt (7365 ),  
 Ch. Oberprieler & Ch. Prem .....2n = 16 + 1-2 B  
 - : Traunstein, Waldlichtung ca. 0,5 km NNO von Lampertsham;  
 600 m; R. Vogt ( 7365 ) .....2n = 16 + 2 B  
 - : Traunstein, Hänge des Frelbergls bei Kressenberg SW Neu-  
 kirchen; 12.6.1988; W. Lippert (23596 )..... 2n = 16 + 2 B  
 - : Immenstadt, Steineberg, Fichtenwald; 24.8.1987;  
 N. Müller ..... 2n = 16 + 1-2 B  
 - : Landsberg a. Lech, Wald N der Straße Dießen-Rott;  
 ca. 500 m; 3.10. 1987; W. Lippert ( 2497 )..... 2n = 16 + 2 B  
 - : Wasserburg a. Inn, Frabertsham; 8.6.1988; ca. 600 m;  
 W. A. Zahlheimer.....2n = 16 + 1-2 B

Österreich

- Tirol: Achenseegebiet; am Achenbach vor Achenkirch; ca. 800 m;  
 23.7.1988; G. Heubl..... 2n = 16 + 2 B  
 - : Lechtaler Alpen, Tegestal, SO-Hänge zwischen "am Buchhorn"  
 und dem "Sattel"; ca. 1350 m; 13.7.1988; R.Vogt ( 6968 ),  
 F. Hellwig & Ch. Oberprieler ..... 2n = 16 + 1-2 B

### Untersuchte Aufsammlungen:

Baden - Württemberg, Heidelberg, Odenwald, Ziegelhausen, Ufer des Mausbaches; 27.7.1967; K. P. Buttler.- Nordrhein-Westfalen, Iserlohn, Stefanopel, Lichtung überm Heppingerbach; 29.6.1949; J. Koch.- Hessen, Armsfeld, unterhalb des Winterberges; 9.8.1970; J. Koch.- Bayern, Neuburger Wald S. von Passau an der B 12; 17.6.1971; A. Bresinsky.- Bayern, Starnberg, Wälder um den Schwarzweiher S. Allmannshausen 6.6.1982; Ch. Gröger.- England, Kirkeudbrightshire, New Abbey, margin of Shambellie Wood; 20.5.1961; R. K. Brummitt.- Dänemark, Nørreskov, Kolding; 24.6.1983; S.S. & K. Larsen.- Dänemark, Jütland, Pamhule Wood SW of Haderslev; 30.7.1968; L. Jensen, I. Nielsen & P. Pedersen.- Polen, Carpati Occidentales, montes Beskid Zywiecki vicus Rycerka Kolonia; ca. 600 m; 10.7.1970; H. Piekos.- Schweiz, Nieschberg bei Herisau; 30.7.1926; A. Triebelhorn.- Österreich, Karnten, Hermagor; 1953; Hautmann.- Frankreich, am Großen Belchen; 1.7.1906; W. Freiberg. - Irland, Co. Cork, Glengariff, Straße nach Kenmore; 9.4.1964; Doppelbauer.- Jugoslawien, Pekel-Schlucht bei Ohonica S. Borovnica; 360 m; 28.5.1966; K. P. Buttler. - Spanien, Galicien, La Coruna, Santiago de Compostela, Coto de Chelo, rio Ulla; 200 m; 29.4.1975; J. M. Losa Quintana.- Portugal, Povoá de Lanhosa, Carvalhal; 1894; G. Sampaio.

### **Lysimachia azorica** HORNEM. ex HOOKER

Portugal

Azoren : São Miguel, Furnas, Auffahrt zum Caldeirarand in Richtung Ribeira Grande; ca. 350 m; 1.6. 1988; R. Vogt ( 6832 ) & Ch. Prem ..... 2n = 32 + 1-4 B

### Untersuchte Aufsammlungen:

Azoren:

São Miguel, Furnas, Caldera do Sete Cidades, Umgebung der großen Seen, Wegränder; 25.5.1988; R. Vogt ( 6727 ) & Ch. Prem. - Pico, Furnas de Frei Matias, Weiden und Gebüsche, 800-1000 m; 28.5.1988; R. Vogt (6775) & Ch. Prem.- Faial, NE Praia do Norte; 21. 5. 1978; K. H. Rechinger 57845. - São Miguel, salto do Cavalho, ca. 600 m; 28.5.1978; K. H. Rechinger 58049. - Faial, ad margines crateris; 800 m; K. H. Rechinger 57882. - São Miguel, Furnas; ca. 200 m; 11.5.1978, K. H. Rechinger 57683 .

Von allen zitierten Aufsammlungen befinden sich Belege im Herbar der Botanischen Staatssammlung München ( M ).

## Phytochemie

Die Analysen der phenolischen Inhaltsstoffe der Laubblätter von *Lysimachia nemorum* und *Lysimachia azorica* mit den Methoden der Dünnschicht (DC)- und Hochleistungsflüssigchromatographie (HPLC) zeigen, daß die beiden Taxa aufgrund ihrer DC-Muster und HPLC-Fingerprints gut zu unterscheiden sind.

Im DC-Bild von *L. nemorum* lassen sich im langwelligen UV - Licht (365 nm) insgesamt 16 Verbindungen nachweisen. Neben 6 intensiv hellblau fluoreszierenden Zonen im rechten Quadranten des Chromatogramms, die verschiedenen Phenolcarbonsäuren zugeordnet werden können, lassen sich 10 weitere flavonoide Verbindungen, die durch eine gelb-grüne oder orange Fluoreszenz charakterisiert sind, detektieren. Als art-spezifische Komponenten können ein intensiv gelb-grün fluoreszierender Fleck ( A ) sowie zwei Zonen ( B, C ) mit oranger Fluoreszenz angesehen werden. Weitere 4 Verbindungen mit ebenfalls oranger Farbe ( Pfeilmarkierungen ) sind zwar für *L. nemorum* typisch, liegen aber im Bereich der Erfassungsgrenze, so daß eine Konstanz nicht in jedem Fall gegeben ist.

Das DC- Muster von *L. azorica* ist ebenfalls durch ein breites Spektrum an phenolischen Inhaltsstoffen charakterisiert, wobei vor allem 5 intensiv blau fluoreszierende Zonen, besonders auffallen. Von den weiteren flavonoiden Verbindungen, die eine orange Fluoreszenz zeigen, können die Zonen D, E und F als artspezifisch betrachtet werden.

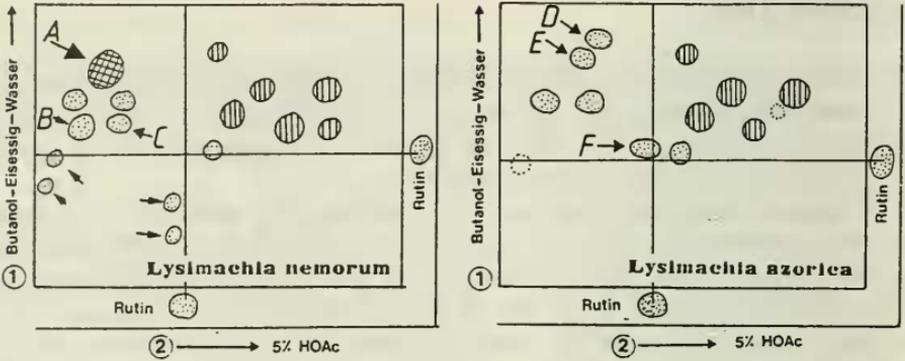
Die HPLC - Analysen erbrachten, in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus der DC, ein Gesamtspektrum von etwa 20 phenolischen Verbindungen. In Abb.6. sind die HPLC - Fingerprints beider Taxa dargestellt. Auch hier zeigen sich weitgehende Übereinstimmungen im Bestand an Phenolcarbonsäuren ( Retentionszeiten 1-4 Minuten; Peak 1 = Chlorogensäure ) sowie im Profil der Flavonoide ( Retentionszeiten 5 - 14 Minuten ). Den UV - Spektren zufolge ( Abb. 6.) handelt es sich überwiegend um Verbindungen aus der Gruppe der Flavonole . Unter Berücksichtigung der Aglyka dürfte es sich um Quercetin- und Myricetin- Glykoside handeln. Einige der UV-Spektren ( 11, 12, 9 ) sowie die von anderen *Lysimachia*- Arten bisher bekannten Flavonoide ( MENDEZ, 1970 ) stützen diese Annahme.

Sowohl die DC- als auch die HPLC- Analysen sprechen für die Eigenständigkeit von *L. azorica* , wenngleich durch die gegebenen Übereinstimmungen eine enge Beziehung zu *L. nemorum* unverkennbar ist.

## Diskussion

Die für *Lysimachia nemorum* und *L. azorica* festgestellten Chromosomenzahlen lassen sich auf die Basiszahl  $x = 8$  zurückführen. Der Vergleich, der für beide Arten ermittelten Idiogramme ( Abb. 5. ), zeigt sehr deutlich, daß sich alle großen, metazentrischen Marker-Chromosomen , die im Karyotyp von *L. nemorum* auftreten, bei *L. azorica* in doppelter Anzahl wiederfinden. Unter Berücksichtigung der gesamten Karyotyp-Konsti-

Dünnschichtchromatographie (DC)



Hochleistungsflüssigchromatographie (HPLC)

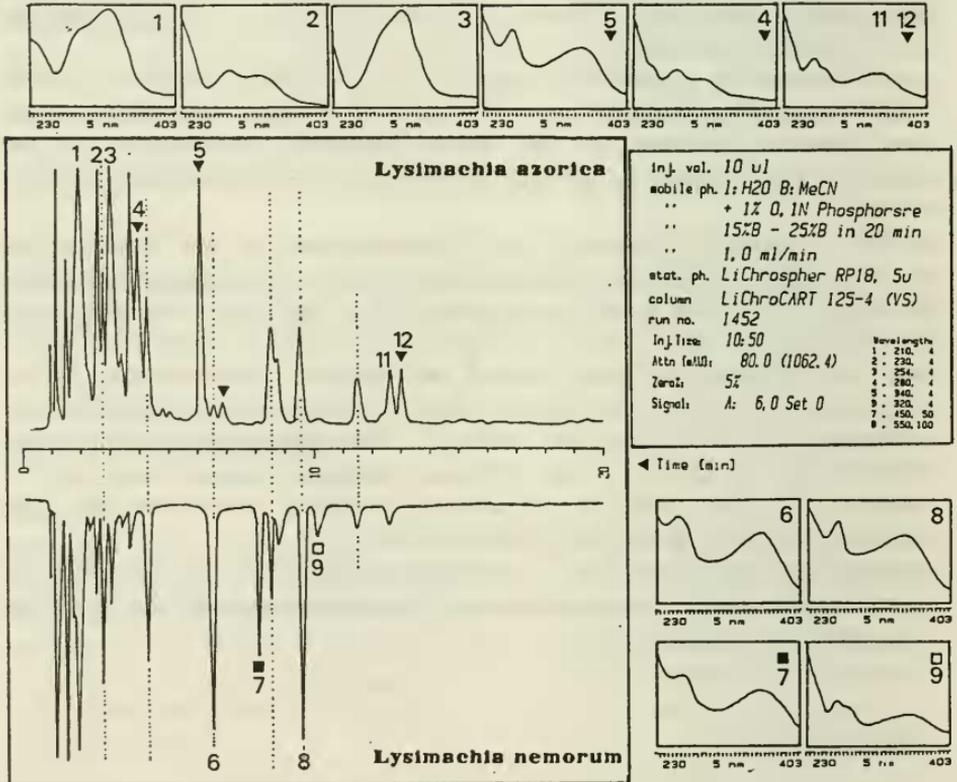


Abb. 6. Schematische Darstellung der zweidimensionalen Chromatogramme und HPLC Fingerprints von *L. nemorum* und *L. azorica*. Detektierte Fluoreszenzfarben: Raster = gelb - grün; Punktierte Fläche = orange; Längsschraffur = blau.

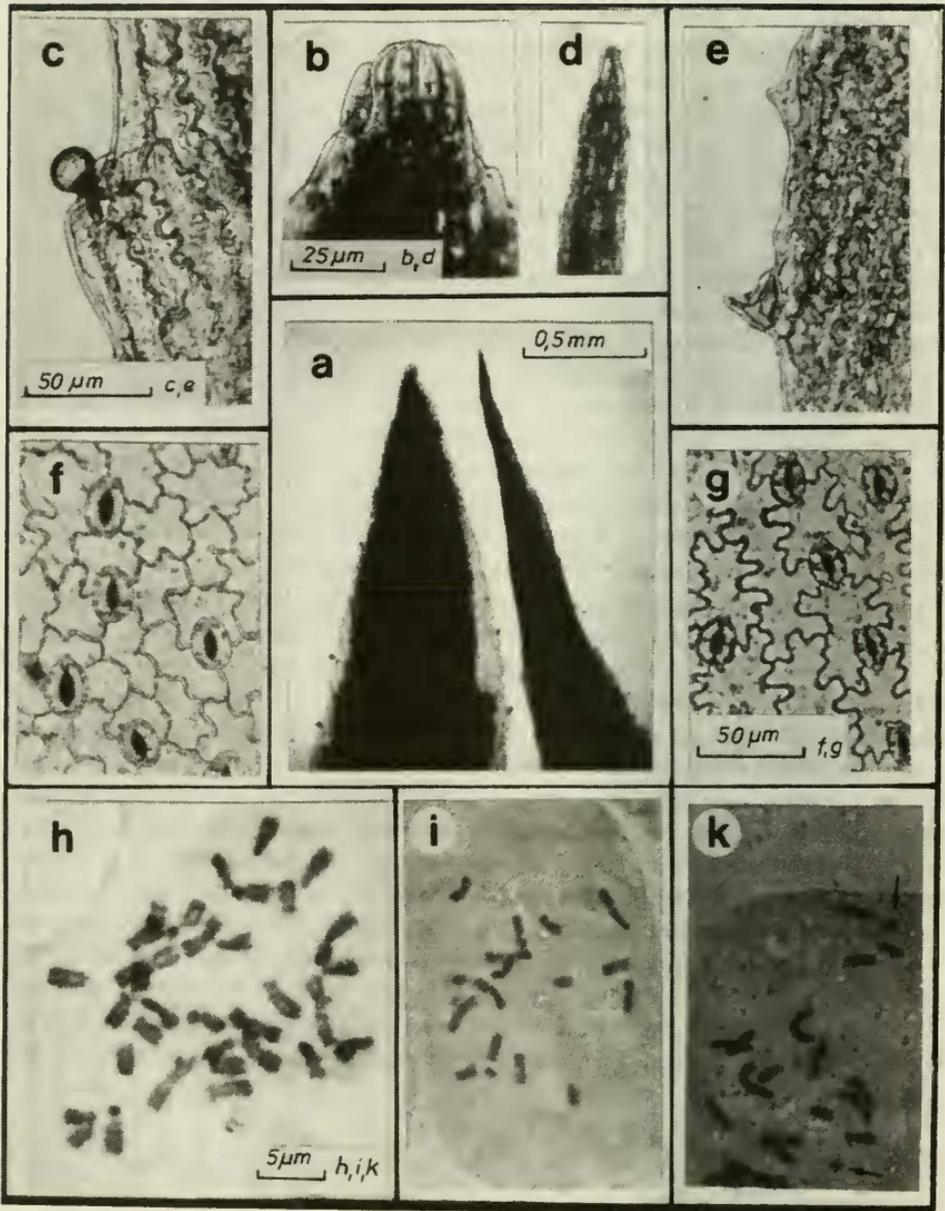
tution ergeben sich einige Anhaltspunkte, die auf eine autopolyploide Entstehung von *L. azorica* hinweisen. Diese Annahme wird zudem durch die Zahl der B-Chromosomen erhärtet, die bei der Azoren-Sippe in doppelter Anzahl vorliegen.

Auch die phytochemischen Analysen stützen die aus der Karyologie abgeleitete Hypothese über die Entstehung von *L. azorica*. Sowohl die dünnschichtchromatographischen Muster als auch die HPLC-Fingerprints ( Abb. 6 . ) lassen große Übereinstimmungen in Bezug auf die phenolischen Inhaltsstoffe ( Phenolcarbonsäuren, Flavonole ) erkennen.

Hinsichtlich der morphologischen Merkmalsdifferenzierung lassen sich zur Sippenabgrenzung vor allem die Wuchsform, die Beblätterung, die Gestalt der Kelch- und Kronblätter sowie die Ausbildung der Kapsel heranziehen. Daneben bestehen zahlreiche quantitative Unterschiede ( Pollen, Stomata, Epidermiszellen ), die kausal mit den unterschiedlichen Ploidiestufen verknüpft sind. Entsprechend der Klassifizierung von Endemiten, wie sie FAVARGER & CONTANDRIOPOULOS ( 1961 ) vorgeschlagen haben, wäre *L. azorica* der Gruppe der Apo-Endemiten zuzuordnen, da das grundlegende Kriterium, daß die Azoren-Sippe einen höheren Ploidiegrad aufweist als das korrespondierende Taxon *L. nemorum* auf dem europäischen Festland, in diesem Fall erfüllt wäre. Ähnliche Fälle von Apo-Endemismus im Bereich der makaronesischen Flora finden wir auch in den Gattungen *Asparagus* oder *Lotus* ( HUMPHRIES, 1979 ). Demzufolge ist *L. azorica* zu den neopolyploiden Sippen der Azoren zu rechnen, die ihren Ursprung in der älteren, noch diploiden *L. nemorum* genommen hat. Die Vermutung von SJÖGREN ( 1973 ) "*Lysimachia azorica* " is probably an old member of the Azorean vegetation throughout the archipelago " wird aufgrund der morphologischen, karyologischen und phytochemischen Daten gestützt. Eine erst in neuerer Zeit erfolgte synanthrope Verschleppung kann man wohl ausschließen, da der kurze Zeitraum seit der Besiedelung der Azoren für einen derartig fortgeschrittenen Differenzierungsprozess viel zu eng bemessen wäre. Die Beschränkung der Sippe auf die Azoren sowie das Fehlen im übrigen makaronesischen Bereich könnte ein Hinweis auf " long-distance dispersal " sein, eine Möglichkeit, die uns von verschiedenen anderen makaronesischen Sippen bekannt ist. Wenngleich auch unsere Untersuchungen die enge verwandtschaftliche Beziehung zwischen *Lysimachia nemorum* und *L. azorica* erkennen lassen und demzufolge keineswegs im Widerspruch zu früheren Ansichten stehen, konnten neue Fakten beigebracht werden, die den Artstatus der tetraploiden Azoren-Sippe untermauern.

### Danksagung

Herrn Dr. R. Bauer ( Institut für Pharmazeutische Biologie, München ) möchten wir recht herzlich für die Unterstützung bei den HPLC-Analysen, Herrn Dr. G. Wanner ( Botanisches Institut, München ) für die Durchführung der REM-Untersuchungen danken. Unser Dank gilt auch Frl. Eva Bayón ( Real Jardín Botánico, Madrid ), die uns in Bezug auf das Vorkommen von *L. nemorum* auf der Iberischen Halbinsel wichtige Informationen zukommen ließ sowie den Herren Dr. W. Lippert, F. Hellwig, Ch. Oberprieler, W. A. Zahlheimer und N. Müller für das Aufsammeln von Lebendmaterial.



Fototafel 1. *L. azorica* : Kelchblatt (a, links); Kelchblattspitze (b); Kelchblattrand (c);  
Epidermis der Blattunterseite (f); Metaphaseplatte (h).  
*L. nemorum* : Kelchblatt (a, rechts); Kelchblattspitze (d); Kelchblattrand (e)  
Epidermis der Blattunterseite (g); Metaphaseplatten (i, k).

## Literaturverzeichnis

- BORGEN, L., 1979: Karyology of the Canarian Flora. In: BRAMWELL, D., Plants and Islands. New York.
- CZAPIK, R. in SKALINSKA, M., et al. 1964: Additions to chromosome numbers of Polish Angiosperms. Acta Polsh. Towarz. Bot. 33: 45-76.
- DROUET, H., 1866: Catalogue de la Flore des Isles Açores. Paris.
- EHRENDORFER, F., 1960: Akzessorische Chromosomen bei Achillea; Auswirkungen auf das Fortpflanzungsvermögen, Zahlenbalance und Bedeutung für die Microevolution. Zeitschr. Vererbungsl. 91: 400-422.
- FAVARGER, C. & J. CONTANDRIOPOULOS, 1961: Essai sur l'endemisme. Bull. Soc. Bot. Suisse 71: 383-408.
- FERGUSON, L. F., 1972: Lysimachia. In: Flora Europaea 3: 26-27. Cambridge.
- FERNANDEZ GONZALEZ, F., 1984: Notas florísticas sobre el Valle del Paular ( Madrid, España) III. Lazaroa 6: 271-274.
- GADELLA, T. W. J. & E. KLIPHUIS, 1963: Chromosome numbers of flowering plants in the Netherlands. Acta Bot. Neerland. 12: 195-230.
- GARAJOVA in MAJOVSKY, J., 1970: Index of chromosome numbers of Slovakian flora (part 2). Acta Fac. Rer. Nat. Univ. Comen. Bot. 16: 1-16.
- HEGI, G., 1927: Illustrierte Flora von Mitteleuropa V, 3. München.
- HEUBL, G. R. & R. VOGT, 1985: Chemosystematische Studien in der Gattung Cochlearia L. (Cruciferae). Bot. Jahrb. Syst. 107: 177-194.
- HOOKE, W. J., 1833: Lysimachia azorica. In: Curtis's Botanical Magazin 60. London.
- HUMPHRIES, C. J., 1979: Endemism and Evolution in Macaronesia. In: BRAMWELL, D., Plants and Islands. New York.
- KRESS, A., 1969: Zytotaxonomische Untersuchungen an Primulaceen. Phytion (Austria) 13: 211-225.
- LEVAN, A., FREDGA, K. & A. A. SANDBERG, 1964: Nomenclature for centromeric position of chromosomes. Hereditas 52: 201-220.
- MENDEZ, J., 1970: Myricetin-glycosides in Lysimachia punctata. Experientia 26: 108.
- MEUSEL, H., JÄGER, E., RAUSCHERT, S. & E. WEINERT, 1978: Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora 2. Text und Karten. Jena.
- MOORE, D. M., 1978: Check-list and chromosome Index. Cambridge.
- PAX, F. & R. KNUTH, 1905: Primulaceae. In: Engler, A., Das Pflanzenreich IV. Leipzig.
- PALHINHA, R. T., 1956: Acerca de uma Lysimachia açorense. Bol. Soc. Brot. 30: 71-80.
- PALHINHA, R. T., 1966: Catálogo das plantas vasculares dos Açores. (Texto revisto e preparado para publicação por A. R. PINTO DA SILVA). Soc. Estudos Açoreanos Alfonso Chaves. Lisboa.
- SEUBERT, M., 1844: Flora azorica (quam ex collectionibus schedisque Hochstetteri patris et filii elaboravit). Bonnae.
- SEUBERT, M. & C. HOCHSTETTER, 1843: Übersicht der Flora der azorischen Inseln. Arch. Naturgesch., 9(1).
- SJÖGREN, E., 1973: Recent changes in the vascular flora and vegetation of the Azores Islands. Mém. Soc. Brot. 22.
- STEUDEL, E. T., 1841: Nomenclator botanicus 2 (ed. 2). Stuttgartiae et Tubingae.
- TRELEASE, W., 1897: Botanical observations on the Azores. Rep. Missouri Bot. Garden 8.
- TUTIN, T. G. & E. F. WARBURG, 1932: Notes on the flora of the Azores. J. Bot. 70: 7-46.
- WATSON, H. C., 1870: Botany of the Azores. In: GODMAN's " Natural history of the Azores or Western Islands." London.
- WULFF, H. D., 1938: Chromosomenstudien an der schleswig-holsteinischen Angiospermen-Flora II. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 56: 247-254.